



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

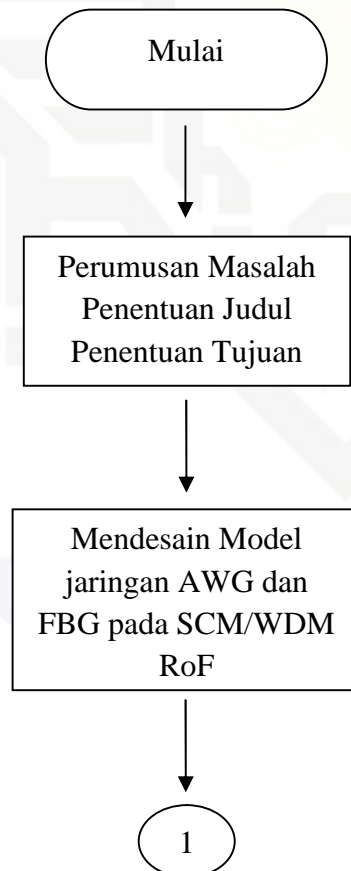
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

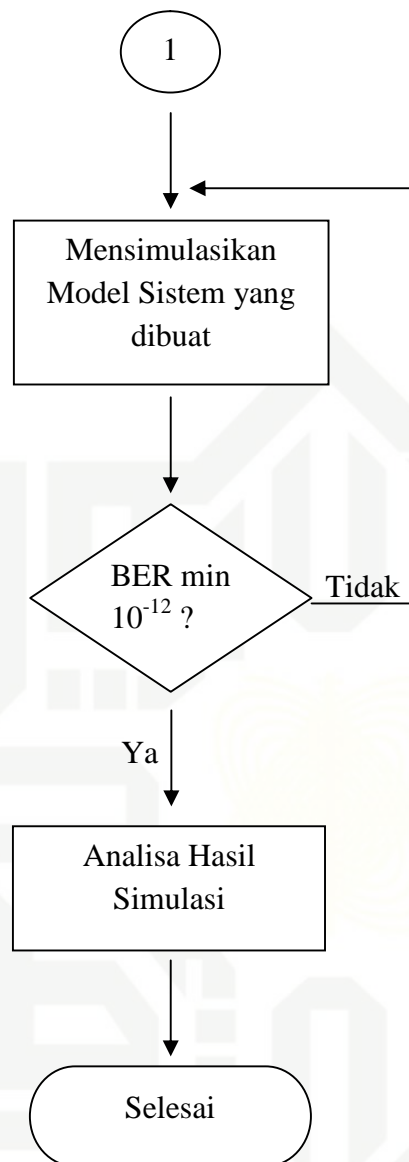
Tugas Akhir ini akan diselesaikan melalui beberapa tahapan yaitu mengidentifikasi masalah, pemodelan sistem, simulasi dan analisa hasil. Pemodelan dan simulasi jaringan di *design* menggunakan *software optisystem*. Langkah ini dilakukan dengan tujuan agar mempermudah penulis dalam mendesain model dari jaringan SCM/WDM-RoF menggunakan *multiplexer* AWG dan filter FBG. Di samping itu, *optisystem* dilengkapi dengan *virtual instrument*, seperti *Bit Error Rate Analyzer*, *Erbium Dopet Fiber Analytical*, *Photodetector Analyzer*, dan *Oscilloscope Visualizer*. Sehingga dengan menggunakan *software optisystem* ini penulis dapat melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan.

3.1 Langkah Penelitian



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

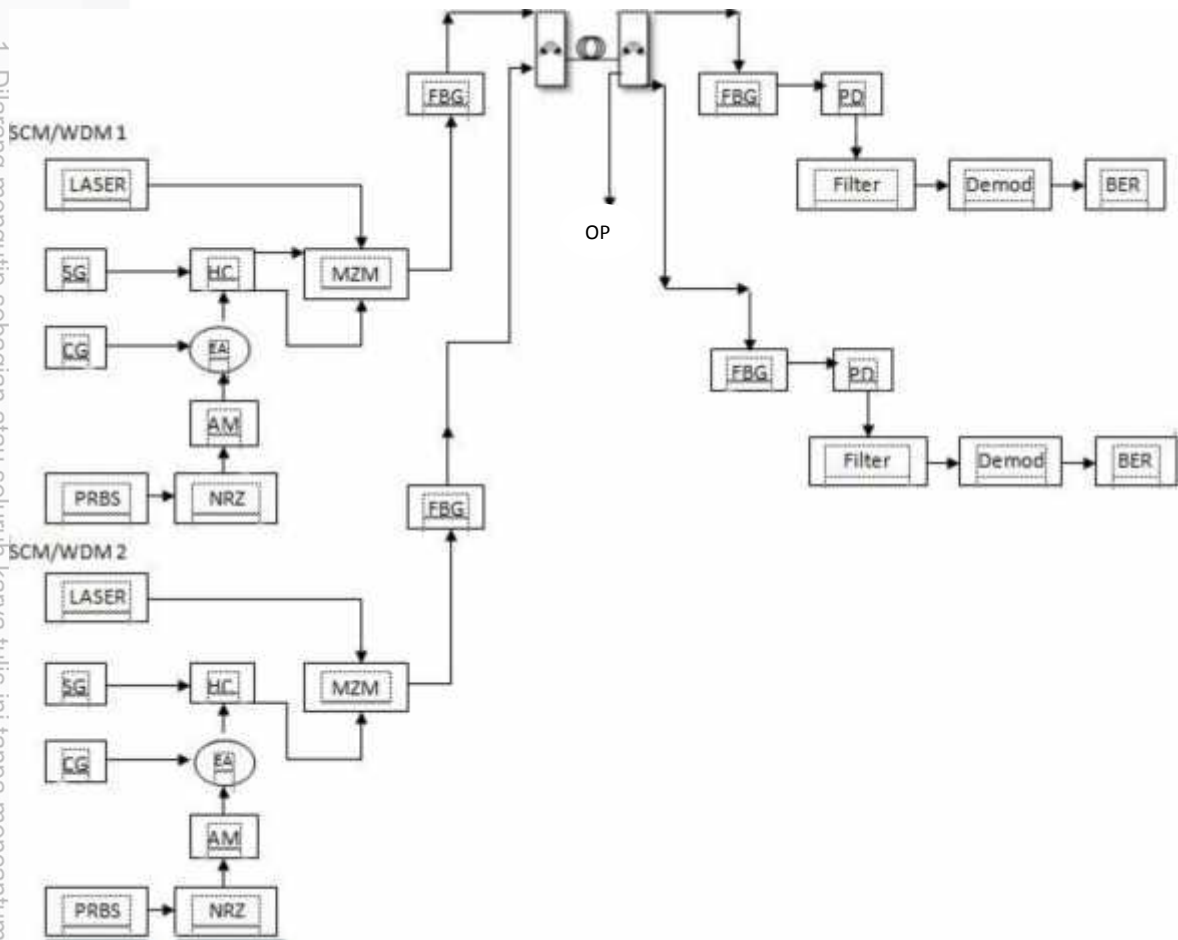
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flow Chart Langkah Penelitian

3.2 Pemodelan Jaringan

Gambar 3.2 berikut merupakan model dari perancangan sistem SCM/WDM-RoF yang terdiri dari *transmitter*, saluran transmisi dan *receiver*.



Gambar 3.2 Model Jaringan SCM/WDM RoF menggunakan *Multiplexer* AWG dan Filter FBG

Keterangan :

1. PRBS (*Pseudo Random Bit sequence*)

PRBS merupakan komponen yang digunakan untuk membangkitkan sinyal informasi berupa sinyal digital

2. NRZ (*Non Return to Zero*)

Proses *encoding* dengan menggunakan teknik pengkodean NRZ

3. ASK MOD (*Amplitude Shift Keying Modulator*) Teknik modulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik modulasi ASK

4. CG (*Carrier Generator*)

CG berfungsi sebagai pembangkit sinyal *carrier* yang akan membawa sinyal informasi ke dalam beberapa kanal frekuensi.

5. EA (*Electrical Adder*)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berfungsi menggabungkan sinyal modulasi ASK dan sinyal *carrier* untuk ditransmisikan kedalam modulator eksternal.

6. SG (*Sine Generator*)

SG memiliki fungsi untuk membangkitkan sinyal sinus elektrik.

7. HC (*Hybrid Coupler*)

HC digunakan untuk mengkombinasikan sinyal informasi elektrik.

8. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

Penelitian ini akan menggunakan LASER sebagai sumber optik untuk mentransmisikan sinyal ke dalam serat optik.

9. MZM (*Mach Zehnder Modulator*)

MZM merupakan modulator eksternal yang akan memodulasi sinyal informasi sebelum ditransmisikan kedalam serat optik.

10. FBG (*Fiber Bragg Gratings*)

FBG berfungsi sebagai filter setelah sinyal digital dimodulasikan dengan cahaya.

11. AWG (*Array Waveguide Gratings*)

AWG berfungsi sebagai *multiplexing* dan *demultiplexing* yang memiliki jumlah kanal antara *input* dan *output* adalah sama.

12. OP (*Optical Null*)

OP berfungsi digunakan untuk penanda tidak ada sinyal masukan pada AWG pada sisi *input* sebelum *demultiplexer*.

13. PD (*Photodetector*)

Photodetector dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah *photodetector* PIN.

3.3 Blok Transmitter (Pengirim)

Perangkat *transmitter* terdiri dari perangkat-perangkat yang bekerja untuk mengirimkan sinyal optik kepada media transmisi. Komponen pembangkit pulsa yang digunakan dalam *Transmitter* adalah *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS), atau juga dikenal dengan generator pulsa. Komponen ini membangkitkan pulsa dalam bentuk acak. *NRZ Pulse Generator* akan mengkonversi pulsa acak tersebut ke dalam bentuk sinyal digital dengan *line coding NRZ*. Sinyal informasi yang dibangkitkan oleh PRBS kemudian dimodulasi dengan teknik ASK yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal digital. Sinyal tersebut kemudian dibawa ke dalam beberapa kanal frekuensi yang dibangkitkan oleh *carrier generator*.



LASER yang akan digunakan pada perancangan ini adalah jenis CW LASER dengan frekuensi 1552,52 nm. Sedangkan MZM merupakan komponen yang akan memodulasi sinyal informasi elektrik dengan sinyal cahaya keluaran dari LASER. Setelah sinyal digital dimodulasikan dengan cahaya, maka sinyal akan melalui filter FBG kemudian di teruskan kepada AWG(*mux*) untuk di-*multiplex*-kan.

3.4 Media Transmisi

Serat optik merupakan medium transmisi yang digunakan pada perancangan Tugas Akhir ini dari *transmitter* ke *receiver*. Tipe serat optik yang digunakan adalah *singlemode fiber* yang mempunyai kapasitas *bandwidth* yang besar dan jarak yang jauh, sehingga cocok digunakan untuk jaringan RoF.

Media optik adalah saluran transmisi yang akan dilewati oleh sinyal digital yang telah di-*multiplex*-kan oleh *multiplexer*. Jarak jangkauan dari media optik adalah salah satu faktor yang akan menentukan kualitas sinyal digital yang akan diterima di *receiver*. Dalam simulasi ini jarak maksimum yang akan diukur adalah 20 km.

3.5 Blok Receiver (Penerima)

Blok *receiver* merupakan bagian yang berfungsi untuk menerima sinyal optik yang dikirim dari *transmitter*. Pada *receiver* sinyal digital dari media optik akan diterima oleh AWG(*demux*) dan di-*demultiplex*-kan. Pada masukan *demultiplexing* akan diberikan *optical null* yang berfungsi sebagai penanda tidak ada sinyal masukan di-*line* tersebut. Setelah itu sinyal tersebut akan diteruskan ke FBG untuk di-*filter*, kemudian sinyal akan masuk ke bagian *Photodetector*.

Photodetector berfungsi mendeteksi sinyal cahaya yang masuk dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. *Photodetector* yang digunakan adalah *Photodetector* jenis *Positive Intrinsic Negative* (PIN) karena memiliki *noise* yang kecil. Setelah sinyal tersebut diubah menjadi sinyal listrik kemudian di-*filter* untuk mengambil sinyal informasi sesuai dengan frekuensi yang diinginkan. Jenis filter yang digunakan adalah *band pass filter* yang berfungsi melewatkan frekuensi tengah.

Demodulator ASK akan mengembalikan sinyal informasi asli yang dikirimkan dan diteruskan ke 3R *Regenerator* agar dapat dianalisa dengan perangkat *analyzer*. Untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal yang terjadi, digunakan *BER analyzer*.

3.6 Parameter Setup

Dalam melakukan pemodelan dan simulasi jaringan, parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Parameter *Global* pada *Optisystem*

| Nama | Nilai | Satuan |
|-------------------------|----------------------|--------|
| <i>Bit Rate</i> | 1×10^9 | Bit/s |
| <i>Time Window</i> | 128×10^{-9} | s |
| <i>Sample Rate</i> | 32×10^9 | Hz |
| <i>Sequence Length</i> | 128 | Bits |
| <i>Sample Per Bit</i> | 32 | |
| <i>Number of Sample</i> | 4096 | |
| <i>Sensitivity</i> | -100 | dBm |

Dalam penelitian ini pembangkit sinyal yang digunakan adalah *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS). *Sequence length* senilai 128 bits dan *sample per bits* senilai 32. Sedangkan parameter untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *numbers of samples* didapat dengan menggunakan rumus:

1. $Time\ window = Sequence\ length * 1/Bit\ rate = 128 * 1 / 1 \times 10^9 = 128\ ns$
2. $Number\ of\ samples = Sequence\ length * Samples\ per\ bit = 4096\ samples$
3. $Sample\ rate = Number\ of\ samples / Time\ window = 32\ GHz$

Menggunakan teknik modulasi ASK dengan frekuensi 1,7 GHz untuk SCM/WDM 1 dan SCM/WDM 2.

Tabel 3.2. Parameter *Carrier Generator*

| Nama | SCM 1 | | SCM 2 | |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Nilai | Satuan | Nilai | Satuan |
| <i>Number of Channel</i> | 10-100 | | 10-100 | |
| <i>Frequency</i> | 2540 | MHz | 2600 | MHz |
| <i>Frequency Spacing</i> | 0,2 | MHz | 0,2 | MHz |

Perbedaan antara SCM 1 dan SCM 2 terletak pada kanal frekuensi pada *carrier generator*. Pada penelitian ini frekuensi yang digunakan yaitu 2540-2600 MHz dengan jarak frekuensi 0,2 MHz.



Sumber optik yang digunakan pada model sistem jaringan ini adalah 2 CW Laser dengan panjang gelombang 1552,52 nm SCM/WDM 1 dan 1551,72 nm untuk SCM/WDM 2

Serat optik yang digunakan adalah bertipe *step index singlemode* fiber, dengan pengaturan parameter serat optik sebagai berikut :

Tabel 3.3. Parameter Serat Optik

| Parameter | Nilai | Satuan |
|--------------------------------|-------|--------|
| <i>Reference Wavelength</i> | 1550 | nm |
| <i>Attenuation</i> | 0,2 | dB/km |
| <i>Lower Calculation Limit</i> | 1200 | nm |
| <i>Upper Calculation Limit</i> | 1700 | nm |

Multiplexer yang digunakan dalam simulasi adalah AWG, dengan konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 3.4. Parameter AWG

| Nama | Nilai | Satuan |
|--------------------------|----------------|---------|
| <i>Size</i> | 2 | Saluran |
| <i>Configuration</i> | <i>Mux/Dem</i> | - |
| <i>Wavelength</i> | 1552,52 | nm |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| <i>Frequency Spacing</i> | 0,05 | nm |

Filter yang digunakan dalam simulasi adalah FBG, dengan konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 3.5. Parameter FBG

| Nama | Nilai | Satuan |
|------------------------|---------|--------|
| <i>Wavelength</i> | 1552,52 | nm |
| <i>Effective Index</i> | 1,45 | - |

Photodetector yang digunakan dalam model jaringan ini adalah *Photodetector* model PIN, dimana parameternya yang digunakan adalah sebagai berikut :



Tabel 3.6. Parameter *Photodetector* PIN

| Nama | Nilai | Satuan |
|-------------------------|-------|--------|
| <i>Reponsitivity</i> | 1 | A/W |
| <i>Dark Current</i> | 10 | nA |
| <i>Center Frequency</i> | 193,1 | THz |

3.7 Skenario Penelitian

Sebelum menganalisis performansi sistem, yang perlu dilakukan adalah verifikasi terhadap model sistem yang dibuat dengan melihat besaran parameter *Bit Error Rate* (BER) pada *receiver*. Hal ini penting dilakukan sebagai validasi bahwa model sistem tersebut telah memenuhi kriteria BER yang telah distandarkan oleh ITU-T. Sesuai dengan standar yang ditetapkan ITU-T G.698.1 (2009) untuk sistem *multi-channel optikal*, nilai BER minimum yang diperbolehkan pada jaringan DWDM adalah 10^{-12} .

Model sistem harus bisa memberikan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} untuk *channel spacing* 0,05 nm pada *multiplexing* AWG.

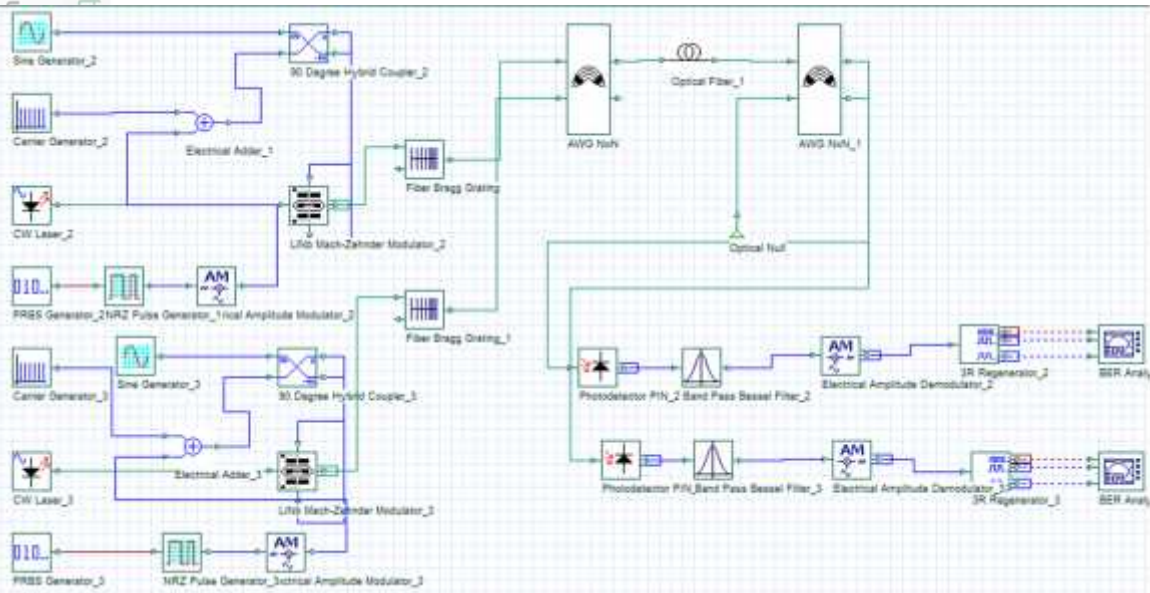
3.7.1 Skenario 1

Pada skenario pertama, penulis akan melakukan verifikasi terhadap *bit rate* maksimum yang dapat diimplementasikan pada model jaringan SCM/WDM RoF dengan *multiplexing* AWG dan filter FBG menggunakan teknik modulasi ASK. Untuk mendapatkan *bit rate* maksimum, model tersebut disimulasikan pada jarak 10 km dengan menggunakan *bit rate* 1 Gbps dan 1,2 Gbps (ITU-T G.984.1, 2008).

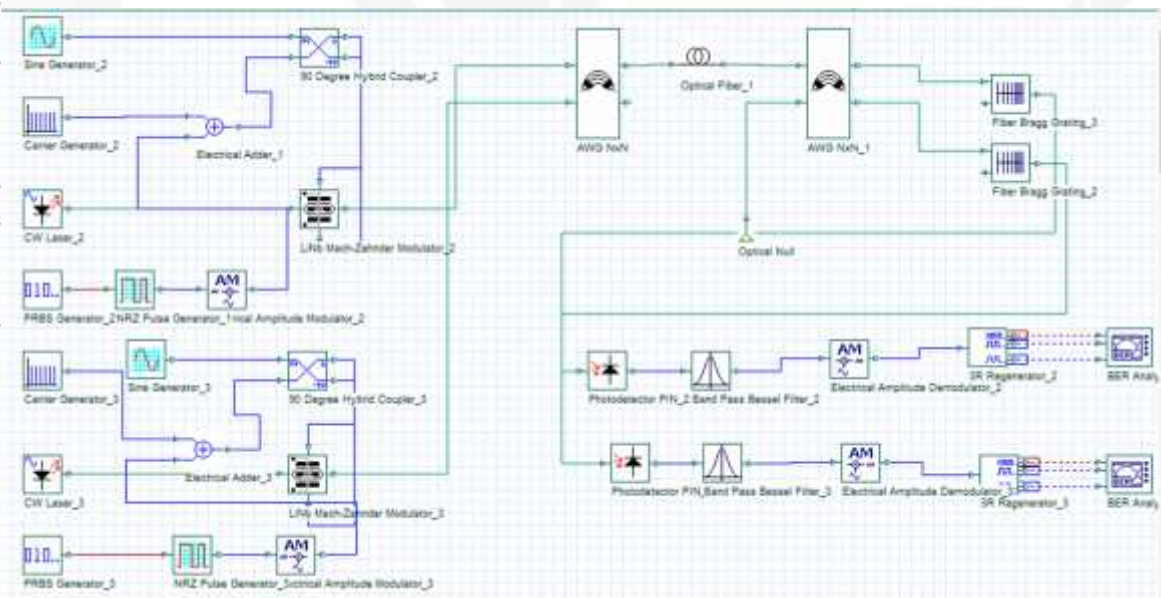
3.7.2 Skenario 2

Pada skenario kedua, pengujian dilakukan untuk mendapatkan jarak maksimum yang dapat diterapkan pada jaringan SCM/WDM RoF dengan *multiplexing* AWG. Pengujian dilakukan dengan penambahan filter FBG pada sisi *transmitter*, FBG pada sisi *receiver* dan FBG pada kedua sisi yaitu di *transmitter* dan *receiver*. Pengujian juga dilakukan pada *multiplexing* WDM untuk mendapatkan perbandingan performansi jarak maksimum yang dapat diterapkan pada jaringan. Pada skenario ini akan dilakukan pengujian terhadap parameter *Bit Error Rate* dengan jarak transmisi 10 km sampai 20 km. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar dari ITU-T dengan nilai BER 10^{-12} .

Gambar di bawah ini merupakan model sistem yang dirancang menggunakan software *optisystem* 13 dengan penambahan filter FBG pada sisi *transmitter*, FBG pada sisi *receiver* serta penambahan FBG pada sisi *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 3.3 Penambahan Filter FBG pada *Transmitter* dengan *Optisystem*



Gambar 3.4 Penambahan Filter FBG pada *Receiver* dengan *Optisystem*



Pada skenario ketiga, pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh daya kirim terhadap BER. Pada skenario ini dilakukan iterasi terhadap daya kirim pada CW laser dengan daya *input* mulai dari -3 dBm sampai dengan 6 dBm pada jarak 10 km.

Pada Skenario keempat menentukan jumlah kanal pada SCM yang dapat dimultiplekskan pada model sistem jaringan ini. Penentuan jumlah kanal dilakukan mulai dari 5 hingga 100 kanal untuk penggunaan FBG pada sisi *transmitter*, FBG pada sisi *receiver* dan FBG pada kedua sisi yaitu *transmitter* dan *receiver*. Sebagai perbandingan dilakukan juga pengujian pada *multiplexing* WDM. Untuk mengetahui jumlah kanal yang dapat dimultiplekskan yaitu dengan melihat parameter *Bit Error Rate* sistem.

Pada skenario kelima akan dilakukan perhitungan nilai *crosstalk* terhadap jumlah saluran *input* dan jumlah saluran *output* serta perhitungan nilai *crosstalk* terhadap daya *input*.